

Ante Tvrdeić, dipl. ing. građ.

PROTUPOŽARNE OBLOGE ATMOSFERILIJAMA IZLOŽENIH ČELIČNIH KONSTRUKCIJA I ARMIRANOBETONSKIH TUNELA

Na temelju (1) probnih uzoraka i probnih ispitivanja (testiranja), (2) približne analitičke provjere te (3) Standardom predviđenih ispitnih uzoraka i provedenih standardiziranih ispitivanja, u radu se opisuju postupci za protupožarnu zaštitu čeličnih konstrukcija protupožarnom žbukom ili mikroarmiranim betonom. U radu se analiziraju rezultati ispitivanja dobiveni u ovlaštenom laboratoriju prema najzahtjevnijoj RWS krivulji, koji se odnose na protupožarnu zaštitu tunela mikroarmiranim betonom.

Ključne riječi: požar, zaštita, protupožarna zaštita čeličnih konstrukcija, protupožarna zaštita armiranobetonskih tunela.

1. Uvod

U ovome članku obrađuje se oblaganje primjerenom zaštitnom oblogom čeličnih i armiranobetonskih građevinskih dijelova koji nemaju dovoljnu zaštitu od požara s ciljem povećanja njihove otpornosti na požar. Protupožarnom zaštitom odgađa se zagrijavanje konstruktivnih elemenata na kritičnu temperaturu pri kojoj nastaje otkazivanje nosivosti elemenata. Protupožarna otpornost pojedinih građevinskih elemenata ili konstrukcija određuje se Standardom, a definira se kao vrijeme tijekom kojega neka konstrukcija, izložena standardnom požaru, izdrži određene kriterije (dopušten porast temperature uzorka, narušavanje stabilnosti, prodor plamena ili dima).

A. Protupožarna žbuka uzorci/ispitivanja

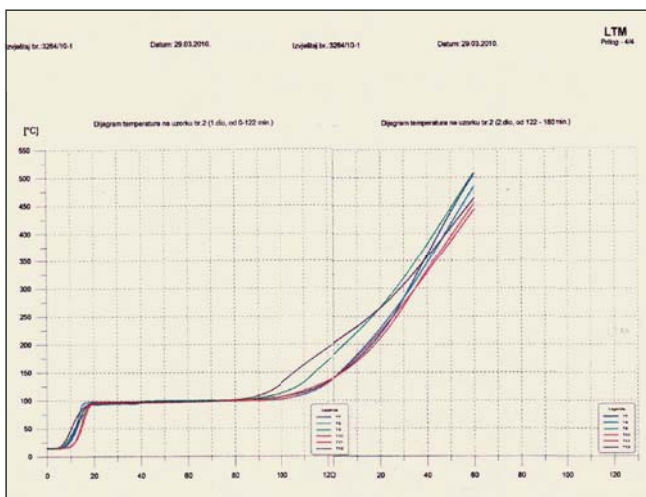
1.0. Protupožarna obloga čeličnih stupova

Prema standardu HRN DIN 4102, dio 2., ispitivanja obloga čeličnih stupova radi određivanja razreda otpornosti na požar uvijek se obavljaju na način da se sve četiri strane uzorka izlažu požaru. Prilikom provjere predviđeni su uzorci na čeličnim profilima IPB180; IPE220; IPBv200. [1]

Na uzorke čeličnih profila (stupovi, spregovi) sandučasto se pričvršćuje plašt od guste isteg pocinčane orebrene mrežice (d=0,3 mm), zatim se na uglove tako formirane kutijaste strukture primjerenom pričvršćuju kutnici od isteg mreže



Slika 1. Detalj zaštitne protupožarne obloge stupa.



Slika 2. Dijagram temperatura na uzorku (LTM Izveštaj br. 3264/10-1; Prilog-4/3; 4/4).

koji služe kao vodilice prilikom nanošenja vermikulitne protupožarne žbuke u potrebnoj debljini (za uzorak IPB 180 d=40 mm; za uzorak IPE 220 d=45mm; IPBv 200 d=30mm). Završno se po cijeloj površini, preko staklene ST mrežice, navlači tanka vodoodbojna glazura.

Standardna ispitivanja vatrootpornosti uzoraka čeličnih stupova obloženih protupožarnom žbukom

Vatrootstop obavljena su u ispitnoj peći laboratorija LTM Lučko.

1.1. Debljine protupožarne žbuke u funkciji faktora profila DIN 4102, dio 4

b[cm] širina presjeka

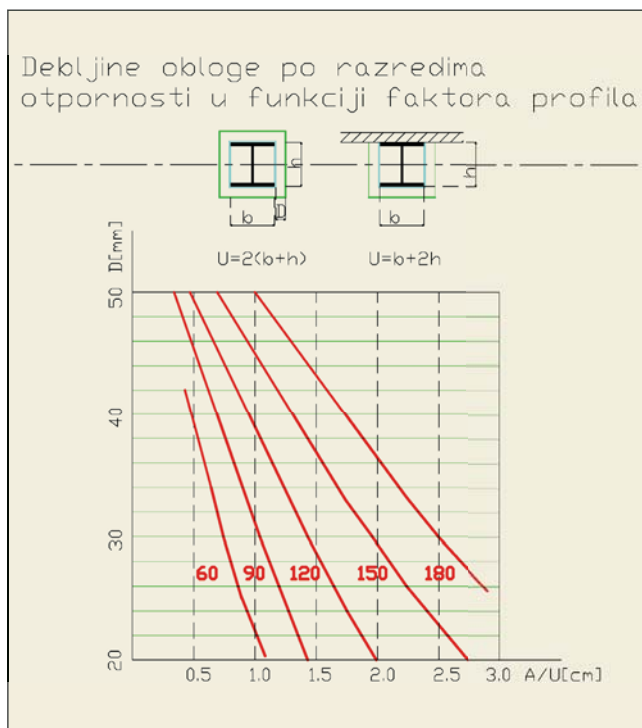
h[cm] visina presjeka

A[cm²] površina poprečnog presjeka

Oplošje[m²/m]

Izloženost stupova plamenu s četiriju strana:

Obloga slijedi oblik profila U/A=oplošje 10⁻⁴/A



Slika 3. Debljine obloge po razredima otpornosti u funkciji faktora profila.

Kutijasta obloga

U/A=[(2b+2h)10²]/A

Cijevni profil debljine t U/A=100/t

Traka debljine t U/A=200/t

Izloženost plamenu s triju strana; prislonjeni stupovi (grede):

Obloga slijedi oblik profila U/A=[(oplošje-b/100)]10⁴/A

Kutijasta obloga

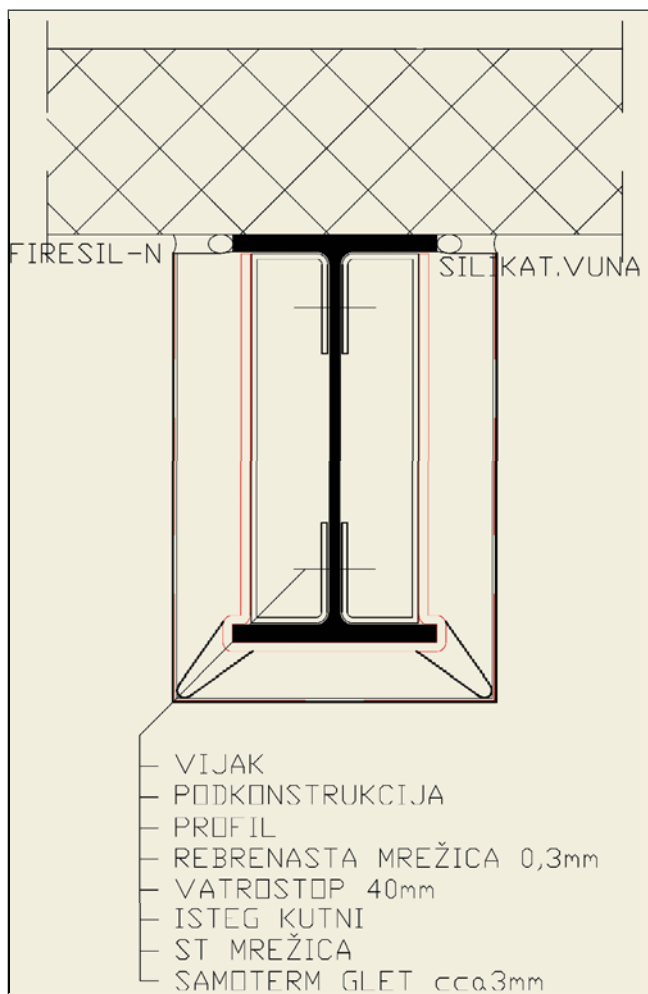
U/A=[(b+2h)10²]/A

Korektivni faktor:

100/(U/A) tabelarno=(A/U) dijagrama [cm]

	A[cm ²]	Yjē ^μ AŁCA □L ₁	ČnałC'nA■A □
INF			
0	1	10	111
IPE			
10	1	1	1
0		1	1
HEB(IPI			
10		11C	
HEM(IPB			
00	11		
0	1		

Tabela 1. Faktori profila



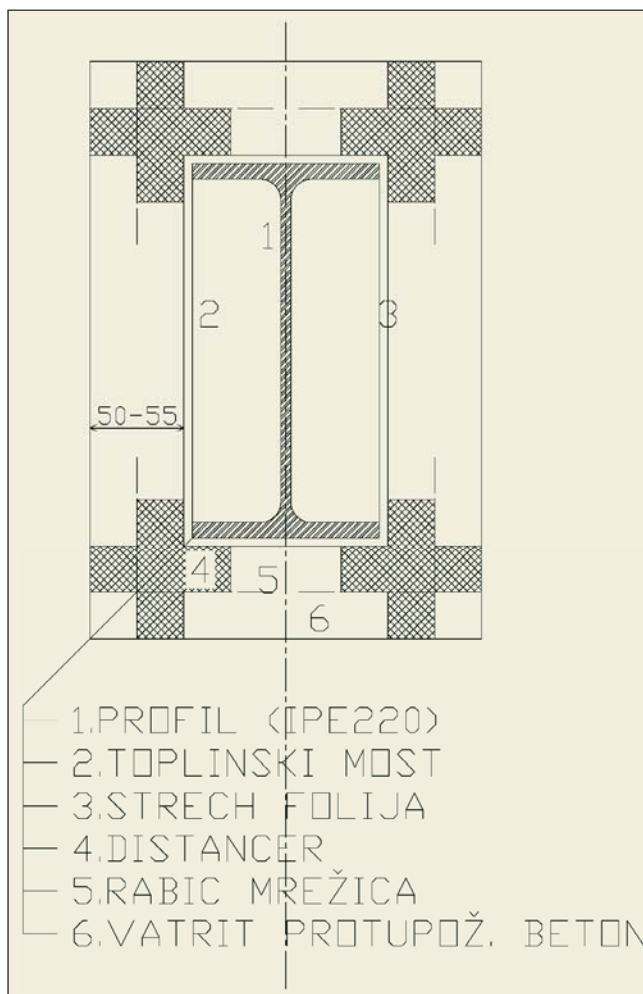
Slika 4. Detalj zaštitne protupožarne obloge grede.

1.2. Protupožarna obloga armiranobetonskih konstrukcija (stupovi, dijagonale, tuneli)

Ispitivanje probnog uzorka obavljeno je u ispitnoj peći laboratorija LTM Lučko prilikom ispitivanja vatrootpornosti čeličnih stupova obloženih protupožarnom žbukom. Protupožarna zaštita uzorka izvedena je na način da je približno u sredini izvedenog protupožarnog sloja postavljeno vibro pletivo pridržano primjerenim limenim držačima usidrenima pomoću sidrenih vijaka (koji imaju deklaraciju za primjenu u uvjetima požara) u betonsku podlogu uzorka.

1.3. Čelične grede

Prema standardu DIN 4102, dio 2., ispitivanja obloga čeličnih greda sa svrhom određivanja njihova razreda otpornosti na požar obavljaju se uvijek uz izlaganje požaru s triju strana. Za provjeru su predviđeni uzorci na čeličnim profilima IPE140; INP 280; IPBv 220. [1] Na uzorke čeličnih profila (grede) sandučasto se pričvršćuje plašt od guste isteg pocinčane orebrene mrežice (d=0,3 mm), a zatim se na uglove tako formirane kutijaste strukture primjereno pričvršćuju kutnici od isteg mreže koji služe kao vodilice prilikom nanošenja vermikulitne protupožarne žbuke u potrebnoj debljini (za



Slika 5. Detalj zaštitne protupožarne obloge stupa.

uzorak IPE 140 d=45 mm; za uzorak INP 280 d=40 mm; IPBv 220 d=25 mm). Završno se po cijeloj površini navlači tanka vododbojna glazura preko ST mrežice.

Napomena: Za testiranje je pripremljen probni uzorak (IPE 220), tj. greda dužine 4 m koja je u srednjemu dijelu zaštićena trostranom oblogom od vermikulitne žbuke. Taj uzorak predviđen je za unos koncentrirane sile u sredini grede prilikom trajanja ispitivanja elektrootpornim načinom toplinske obrade.

B. BETON MIKROARMIRANI

2.0. Protupožarna zaštita čeličnih stupova prema standardu DIN 4102-2 mikroarmiranim betonom s razredom tlačne čvrstoće minimalno (r.t.č.m.) C20/25

Karakteristike mikroarmiranog betona:

Najveće zrno DMAX 8,0 mm

Izloženost atmosferilijama (mokra/suho) XC4; okolina uz more XS1

Predviđena ugradnja lijevanjem; S4-razred slijeganjem

Polipropilenska mikroarmatura 1,0 kg/m³; (E=4200N/mm²; Ø=15µ; L=3-6 mm)



Slika 7. Izgled ispitnoga probnog uzorka neposredno nakon provjere elektrotopnim načinom standardnog ispitivanja vatrootpornosti uzoraka čeličnih stupova. Stupovi su obloženi protupožarnim betonom po sustavu Vatrut. Ispitivanje je obavljeno u ispitnoj peći laboratorija LTM Lučko.

Uzorcima čeličnih profila (stupovi, spregovi) kutijasto se omataju slojem za diskontinuitet i strech folijom, zatim se na uglove tako formirane kutijaste strukture primjereno pričvršćuju predgotovljeni betonski graničnici koji služe kao držači rabić mrežice te kao distanceri oplate unutar koje se, po sustavu Vatrut, ulijeva sitnozrnati mikroarmirani beton (r.t.č.m. C20/25) u potrebnoj debljini.

2.1. Opis postupka za preliminarno ispitivanje izvedene protupožarne zaštite čeličnih konstrukcija

Preliminarno ispitivanje i testiranje uzoraka izvedeno je elektrotopnim načinom toplinske obrade, tj. za ispitivanje je

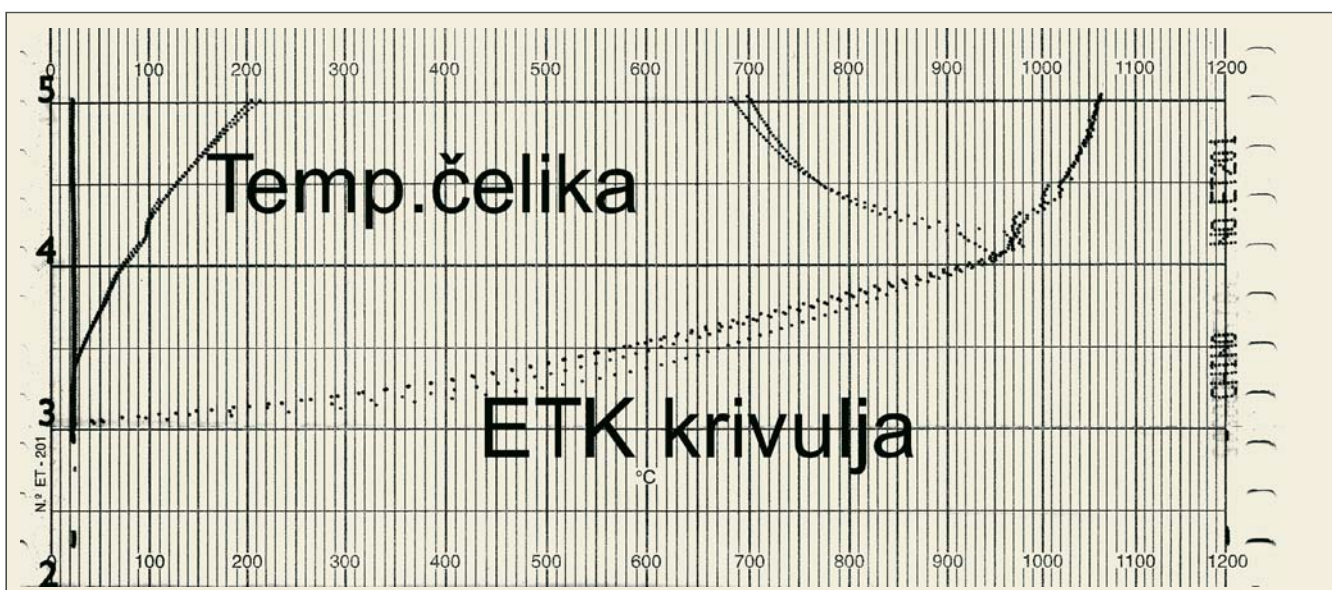
primijenjena najjednostavnija i najjeftinija poznata metoda. Ona se primjenjuje prilikom kontrole zavarivanja, a zbog fleksibilnosti primjerena je za testiranje, odnosno kontrolu kvalitete izvedenih protupožarnih obloga (pregrada) na objektu. Ona se sastoji od:

- zavarivanja termoelemenata na nosivu (čeličnu) konstrukciju,
- postavljanja protupožarne obloge (debljina obloge na probnom uzorku iznosi 5 do 5,5 cm),
- postavljanja termoelemenata s vanjske strane obloge,
- postavljanja fleksibilnih grijača na termoelemente i oblogu,
- omotavanja grijača kamenom ili silikatnom vunom;
- testiranjem se nastoji vremenski uskladiti temperatura grijača tako da bude čim bliža odabranoj požarnoj krivulji.

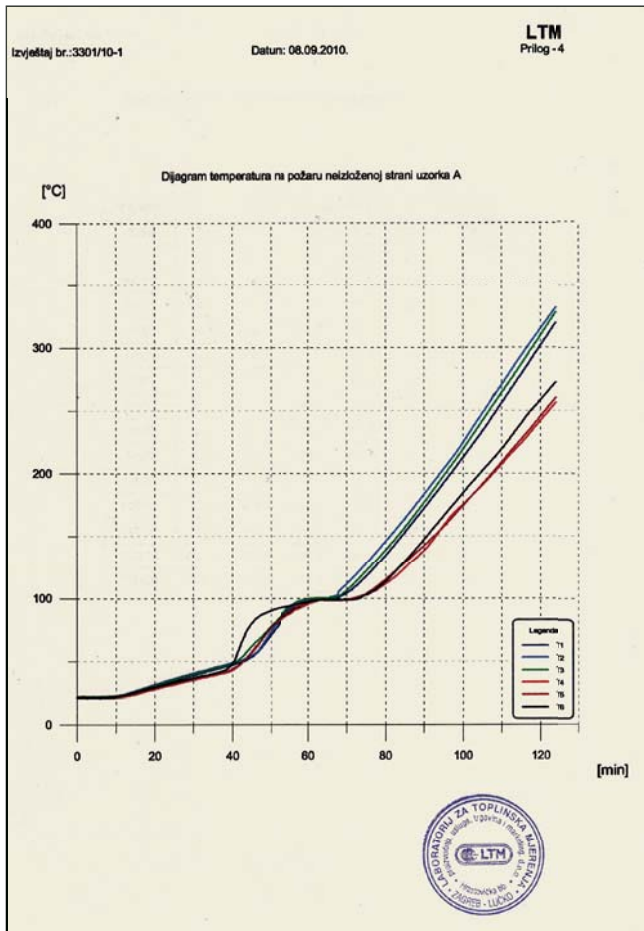
2.1.1 Ispitna oprema za preliminarno ispitivanje protupožarne zaštite čelične konstrukcije

Prilikom preliminarnog ispitivanja korišteno je sljedeće:

- a) Termoelementi su NiCrNi, a granična temperatura njihove primjene iznosi 1100 °C.
- b) Uređaj za navarivanje termoelemenata T/c žice je CO-OPERHEAT (TAU).
- c) Fleksibilni grijaći elementi 8x2,75 KW (dimenzije 0,16x0,31 m, površina cca 0,05 m²).
- d) Regulacija je ručno vođena radi boljeg simuliranja standardne požarne ETK krivulje.
- e) Za vođenje procesa toplinske obrade korišten je uređaj MANNINGS snage 50 KW.
- f) Praćenje dobivenih vrijednosti učinjeno je Mannings pisanim s mogućnošću mjerenja 12 mjernih vrijednosti od 0 do 1200 °C.



Slika 6. Dijagram preliminarnog elektrotopnog načina ispitivanja.



Slika 8. Dijagram standardnog ispitivanja LTM Zagreb.

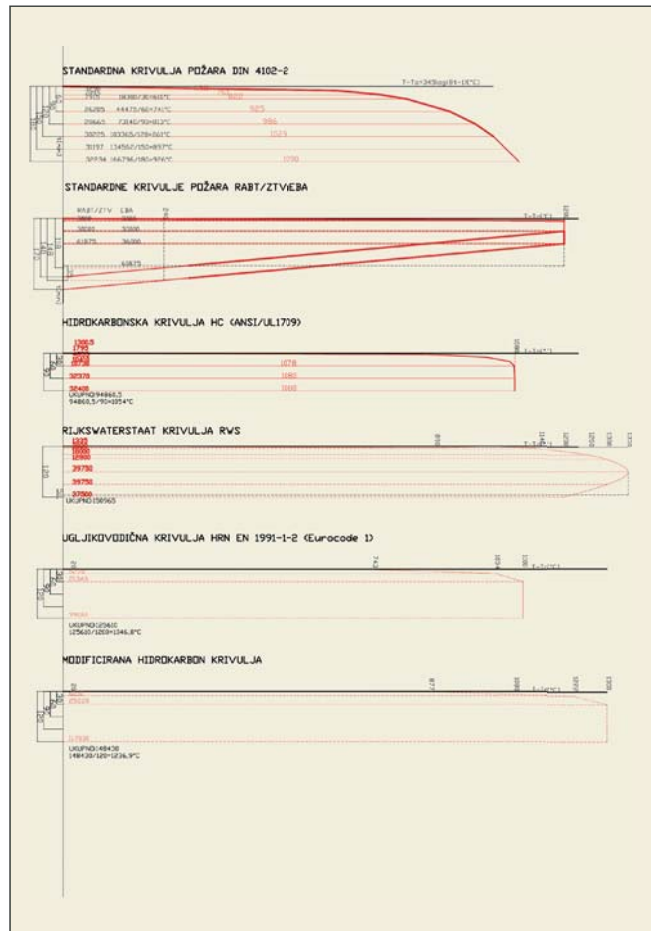
2.2. Preliminarno ispitivanje protupožarne zaštite betonske konstrukcije tunela

U laboratorijskim pećima do 1200 °C (1350 °C) testirane su serije uzoraka veličine 0,3x0,3 m. Na pripremljenim uzorcima od mikroarmiranog betona na betonskoj podlozi izvedeni su uzorci debljine 55 mm bez diskontinuiteta i s diskontinuitetnim slojevima različite debljine 55+5; 55+17,5 mm. To je učinjeno kako bi se u uvjetima požara, prema RABT/ZTV; EBA krivuljama, provjerila primjerenost učinjenih uzoraka s diskontinuitetnim slojevima. [pogledati LIT.br.14]. Koeficijent upijanja topline za čelik (123,15 W/m²K) znatno je veći nego što je za beton (15,18 W/ m²K) pa očitavanja na hladnoj strani uzorka (na ugrađenoj čeličnoj pločici) govore u prilog sigurnosti.

Oprema: laboratorijske peći za primjenu do 1200 °C, digitalni termometar.

Prva serija uzoraka ispitana je u električnoj peći, a druga u peći s butanom.

Treća serija uzoraka debljine 55,50+7,5 i 50+15 mm ispitana je u pripremljenoj peći koristeći temperaturno učinkovitiji kisik i acetilen.



Slika 9. Provedba ispitivanja.

Oprema:

Ručka i plamenik za grijanje: Messer FB-A
 Termopar (hladna strana): NiCrNi Elektron
 Termopar (vruća strana): NiCrNi (K) Ø3 700 mm
 Marus-ATM Zgb (podaci prospekta do 1300 °C)
 Program controler: SHIMADEN FP 93;
 SHIMADEN SD 16A
 Program na PC-u: Shimaden Lite

Pripremljen je uzorak debljine 60+7,5 mm za ispitivanje prema nizozemskoj RWS krivulji (koja služi kao osnova i u austrijskoj smjernici za zaštitu od požara u tunelima) budući da pokriva kompletno opterećenje od vatre u mješovitom željezničkom prometu.

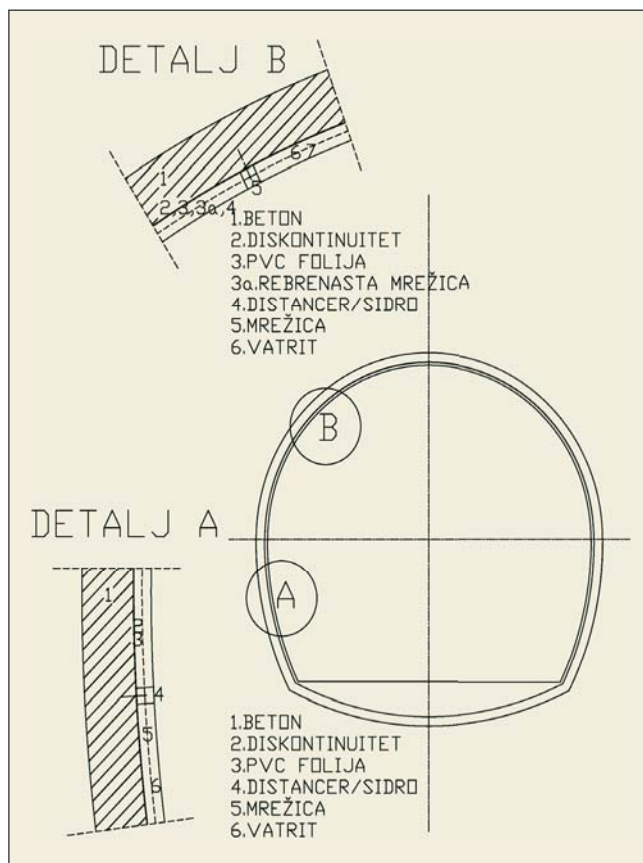
Napomene:

Količina vode koja se nalazi u vezivu ugrađenog materijala uzoraka ima za posljedicu da ispitni uzorci daju vrlo dobre rezultate otpornosti na požar. Period izlaska vode značajno produljuje otpornost na požar jer se velik dio topline koristi na zagrijavanje, a zatim na isparavanje vode. Diskontinuitetni sloj (primjerene veličine) ujedno ima ogovarajuća izolacijska svojstva pa u uvjetima požara može značajno produljiti vrijeme trajanja uzorka.

U standardu ASTM E 1529 navedeni su podaci o temperaturnom fluksu [kW/m²].



Slika 10. Rezultati ispitivanja uzoraka.



Slika 11. Dijagrami standardne krivulje požara DIN 4102-2 i dijagrami RABT/ZTV; EBA; ANSI/UL1709; RWS.

3.0. Analitička provjera požarne otpornosti/15/

Uz pretpostavku da je promjena temperature u vremenu odskočna funkcija:

$$I = T - T_0$$

T_0 = temperatura ambijenta

$$I^2/lx^2 = (1/a)(I/l); \text{ jednadžba prolaza topline kroz zid}$$

$$I/I_0 = 1 - \text{erf}[x/2(at)^{1/2}]$$

$$\text{erf } y = \text{erfc } y$$

$$\text{erfc } y = 1 - \text{erf } y$$

$$1 - \text{erf } L/2(at)^{1/2} = I_h/I_v = (T_h - T_0)/(T_v - T_0) = \text{erfc } y \quad y$$

(tabelarne vrijednost integrala vjerojatnosti)

T_h = temperatura na hladnoj strani protupožarne obloge

T_v = temperatura na vrućoj strani protupožarne obloge

$$a = \lambda / c$$

λ = koeficijent toplinske vodljivosti

c = specifična toplina

ρ = gustoća

$y = L/2(at)^{1/2}$ L = [m] potrebna debljina protupožarne obloge

Napomene:

Prosječne temperature požara dobivene su iz prosječnih vrijednosti požarnih dijagrama na slici 12.

Prosječne temperature obloga dobivene su iz dijagrama temperatura za svaki slučaj posebno.

SLUČAJ	.1	.	.	.
[°C]	00	00	0	0
ρ [°C]	0	0	0	1
v [°C]	10	10	10	100
erc	0	0	01	00
	0	0	0	0
Pros. temp. požara [°C]	1	10	1	
Pros. temp. ologe [°C]	0	0	00	
λ [W/m°K]	01	01	011	01
c [J/kg°K]10 ³	1	1	1	1
γ [kg/m ³]	0	0	0	0
Izloženost [min]	10	0	10	10
Izloženost rač. – privid [min]				
L [m]	00	00	00	00

- 3.1. Računska provjera potrebne debljine protupožarne žbuke čel. stupova(dijagonala), prema DIN 4102-2 krivulji /1/

Napomena: Debljine protupožarne zaštite na ispitnim uzorcima odabrane su pažljivo, tj. veće su od izračunatih. Temperatura od a 400°C (mehanički odgovor konstrukcije prema 3.2.1 HRN EN 1993-1-2:2008) zabilježena je na protupožarnom žbukom (50 mm) zaštićenim čeličnim uzorcima tek nakon cca 160 min izlaganja standardnom požaru u ispitnoj peći. Zbog velike količine vezane vode ispitni uzorci daju vrlo dobre rezultate otpornosti na požar. Period izlaska vode značajno produljuje otpornost na požar jer se velik dio topline koristi za zagrijavanje, a zatim na isparavanje vode [područje na kojemu je temperatura uzorka cca 100 °C, tj. period 20 do 90 min na dijagramu. Slika 2.].

- 3.2. Računska provjera debljine protupožarne žbuke čeličnih stupova (dijagonala), prema ANSI/UL1709 krivulji /12/ (požari s ugljikovodikom u rafinerijskim postrojenjima i offshore platformama)
- 3.3. Računska provjera debljine protupožarne žbuke armiranobetonskih konstrukcija prema DIN 4102-2 krivulji /1/
- 3.4. Računska provjera protupožarne obloge-žbuke prema RABT/ZTV krivulji za cestovne tunele /2/

- 3.5. Računska provjera protupožarne obloge-žbuke prema EBA krivulji za željezničke tunele /2/

- 3.6. Računska provjera protupožarne zaštite čeličnih stupova mikroarmiranim betonom (r.t.č.m.) C20/25 prema DIN 4102-2 krivulji /1/

Napomene:

U skladu s odabranim postupkom ulijevanja mikroarmiranog protupožarnog betona u oplatu odabrana je i debljina zaštitnog sloja od 50 do 55 mm. Na dijagramu temperature (LTM Lučko, Prilog 4) vidi se da je na protupožarnim betonom zaštićenim ispitnim uzorcima nakon 120 min izlaganja standardnom požaru zabilježeno tek 80% temperature čelika (prema Eurocodu a 400 °C).

Iako je i iz proračuna i standardnog ispitivanja evidentno da je dovoljna i manja debljina zaštitne obloge, odabrana debljina od min 50 mm usvojena je iz praktičnih razloga, tj. s ciljem izbjegavanja gnijezda u betonu prilikom betoniranja i sl.

- 3.7. Računska provjera debljine mikroarmiranog betona protupožarne obloge čeličnih stupova (dijagonala), prema ANSI/UL1709 krivulji /12/ (požari s ugljikovodikom u rafinerijskim postrojenjima i offshore platformama)

Napomena: U skladu s odabranim postupkom ulijevanja mikroarmiranog protupožarnog betona u oplatu odabrana je debljina zaštitnog sloja od 50 do 55 mm koja će u potpunosti zadovoljiti zahtjeve ovoga kriterija.

	.	.	.	.	.	.10	.11	.1	.1	.1
	0	00	00	0	0	0	0	00	0	00
	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
	100	10	10	10	100	100	10	1100	100	100
	00	0	0	01	00	00	01	01	011	0
	0	0.	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	10	1		1	1	10	1	1
	00	0	00	0	0	0	0	0	0	0
	011	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	11	11	11	11	1	1	1	1	1
	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10
	11					11	11			
	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Tablica 2. Potrebne-proračunate debljine L[m] protupožarnih obloga s obzirom na različite slučajeve

- 3.8. Računska provjera debljine mikroarmiranog betona (r.t.č.m.) C20/25 protupožarne zaštite betonskih konstrukcija prema krivulji DIN 4102-2 /1/
- 3.9. Računska provjera debljine protupožarne obloge od mikroarmiranog betona (r.t.č.m.) C20/25 prema RABT/ZTV krivulji za cestovne tunele /2/
- 3.10. Računska provjera debljine protupožarne obloge od mikroarmiranog betona (r.t.č.m.) C20/25 prema EBA krivulji za željezničke tunele /2/
- 3.11. Računska provjera debljine protupožarne obloge od mikroarmiranog betona (r.t.č.m.) C20/25 prema RWS krivulji za tunele /2/
- 3.12. Računska provjera debljine protupožarne obloge od mikroarmiranog betona (r.t.č.m.) C25/30 prema Ugljikovodičnoj krivulji HRN EN1991-1-2 Eurocode 1
- 3.13. Računska provjera debljine protupožarne obloge od mikroarmiranog betona (r.t.č.m.) C25/30 prema MHC krivulji (podloga betonska konstrukcija)

- 3.14. Računska provjera debljine protupožarne obloge od mikroarmiranog betona (r.t.č.m.) C25/30 prema MHC krivulji (podloga čelična konstrukcija)

4.0. Protupožarna zaštita tunela

Na temelju: (1) prethodnog analitičkog određivanja otpornosti prema požaru (baziranog na poznatim temperaturnim karakteristikama korištenih materijala; (2) rezultata ispitivanja niza učinjenih probnih uzoraka s ciljem dobivanja potvrde o sukladnosti, pripremljeni su ispitni uzorci veličine 2x2+2x1 m za standardno ispitivanje protupožarne obloge tunela prema nizozemskoj RWS krivulji (koja služi kao osnova i u austrijskoj smjernici za zaštitu od požara u tunelima budući da pokriva kompletno opterećenje od vatre u mješovitom željezničkom prometu). Uzorci su imali sljedeće karakteristike:

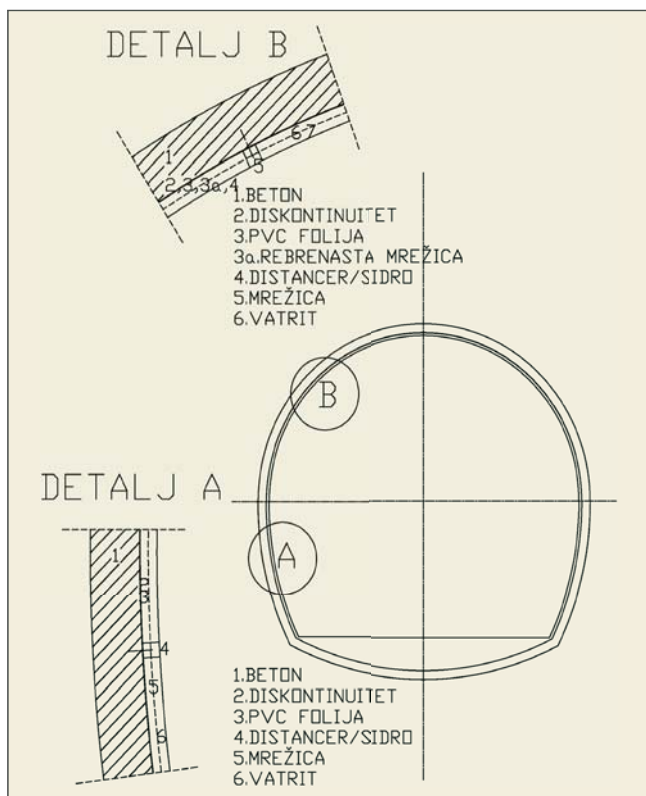
razreda tlačne čvrstoće minimalno C25/30, prema normi EN 206-1;

D_{MAX} 8 mm;

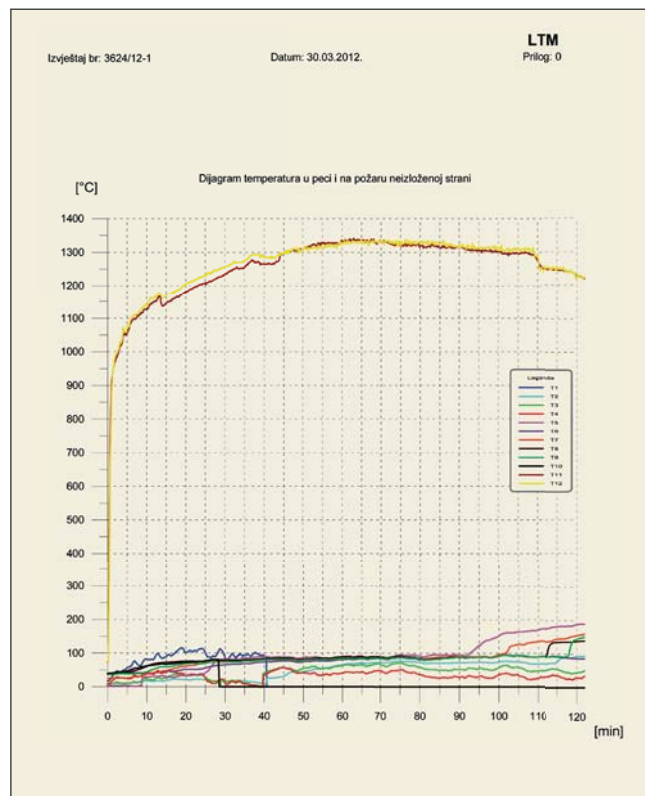
primjerenog razreda izloženosti konzistencije i sadržaja klorida;

s dodatkom polipropilenske mikroarmature na zidovima lijevanim betonom

na kaloti mlaznim betonom, uz napomenu da je protupožarnu oblogu moguće strukturno obojati anorganskim pigmentima te da je primjerena za primjenu prilikom modernizacije postojećih tunela i za novogradnje



Slika 12. Protupožarni betonski kompozit za zaštitu armiranobetonskih konstrukcija tunela.



Slika 13. Dijagram temperatura u peći i na požaru neizloženoj strani.

(npr. metroi, a pogotovo ako se u konačnici povezivanje teritorija ostvari izgradnjom tunela kopno poluotok Pelješac).

5.0. Zaključak

Nakon provedenih standardnih ispitivanja u ovlaštenom laboratoriju LTM Lučko, a temeljem dobivenih rezultata ispitivanja može se reći:

1. Prema uvjetima norme HRN DIN 4102-2, uzorci proizvoda zadovoljili su RAZRED F120 te ispunili uvjete za izdavanje potvrda o sukladnosti /17//18/:

Potvrda o sukladnosti za protupožarnu žbuku Vatrostop 3/05-17/10,

Potvrda o sukladnosti za protupožarni mikroarmirani beton (za zaštitu čeličnih konstrukcija) po sustavu Vatrut 3/05-39/10

2. Otpornost na požar uzorka proizvoda provjerena je u posebno konstruiranoj peći prema zahtjevima tunelske požarne krivulje RWS. /19/

Temperatura na požaru neizloženoj strani mjerena je termoelementima na 10 mjesta (jedno mjerno mjesto u prekidu) koji su se nalazili ugrađeni u međuprostoru između protupožarnog betona Vatrut i nosive AB konstrukcije. Rezultati mjereni u vremenu ispitivanja od 120 minuta (2,0h) na požaru neizloženoj strani uzorka iznosili su:

maksimalna temperatura 177,6 K (mjerno mjesto br. 5),
srednja temperatura 88,59 K (mjerna mjesta 1-9).

Sve navedeno u skladu je s normom HRN EN 1992-1-2 (Članak: 2.1.2.), tako da se opisane protupožarne obloge ili od izolacijske vermikulitne žbuke ili od mikroarmiranog betona mogu primijeniti kako slijedi:

6. LITERATURA:

- [1.] Standard HRN DIN 4102, dio 2.; dio 4.
- [2.] Hudec M. Kolić, D. Hudec, S., Tuneli Iskop i primarna podgrada, www.hubitg.com, Zrinski, Čakovec, 2009., str. 145-155
- [3.] Tvrdeić, A., Postupak provjere i atermalna vatrozaštita (Sigurnost u okolišu i graditeljstvu; simpozij), Šibenik, 2001.
- [4.] Pavlović, F. Srzić, Z., Mineralne materije u protupožarnoj zaštiti, u: Požar Eksplozija Preventiva, br. 1-2, 1989., str. 189-204
- [5.] Đorđević, S., Utjecaj temperature na ponašanje betona od PC i komponenti, u: Požar Eksplozija Preventiva, br. 1-2, 1989., str. 145-155
- [6.] Ražnjević, K., Toplinske tablice, Axiom, Zagreb, 2000.
- [7.] Krapfenbauer, R. Krapfenbauer T., Građevinske tablice, Sajema, Zagreb, 2006., str. 828-836
- [8.] Standardi:
HRN EN1993-1-2:2008 (Čelične konstrukcije)
EN1999-1-2 (Aluminijske konstrukcije)
EN1992-1-2 (Betonske konstrukcije)
EN1995-1-2 (Drvene konstrukcije).
- [9.] Prospekti www.microtherm.uk.com
- [10.] API Standard 2510, Design and Construction of LPG Installations
- [11.] API Publication 2218, Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants
- [12.] Fireproofing test standards:
ANSI/UL1709
ASTM E 1529
ASTM E 119
ANSI A2.1
NFPA 251
UL 263.

Yn ^u C	toūA'n _u #n ^u ōj	~ēL's _u #a _u ēC'n _u #l	Lū _u oūš _u # _u #	ēAC'n _u ēC [mm]	Vatrut [mm]
I 10	standardn:		10	0	0
ASI/UL 10			0	0	0
I 10	standardn:		10		
A/			10		00
A			10		0
WS			10		00

Tabela 3. Odnos kriterij/materijal konstrukcije/trajanje izloženosti/debljina zaštite

- [13.] Patentna prijava VIG d.d. od 7. 10. 2010. (11:59:00).
- [14.] Recknagel-Sprenger, Grijanje i klimatizacija (Tabela 135-20: Ekvivalentni koef. provođenja topline zračnih slojeva), GK, Beograd, 1984.
- [15.] Kleut, N., Određivanje otpornosti prema požaru građevinskih elemenata i konstrukcija, u: Požar Eksplozija Preventiva, br. 4, 1987., str. 429-442
- [16.] Patentna prijava VIG d.d. od 26. 9. 2011. (12:16:00)
- [17.] LTM Zagreb-Lučko: IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU Br. 3264/10-1
- [18.] LTM Zagreb-Lučko: IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU OTPORNOSTI NA POŽAR GRAĐEVNIH GRADIVA I GRAĐEVNIH ELEMENATA PREMA HRN DIN 4102-2 (STUP) Br. 3301/10-1
- [19.] LTM Zagreb-Lučko: IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU OTPORNOSTI NA POŽAR GRAĐEVNIH GRADIVA I GRAĐEVNIH ELEMENATA PREMA RWS-tunel krivulji (zaštita tunela) Br. 3624/12-1

FIRE PROTECTIVE CLADDING OF STEEL STRUCTURES AND REINFORCED CONCRETE TUNNELS EXPOSED TO ATMOSPHERIC INFLUENCES

Based on (1) test samples and testing, (2) approximate analytical assessment and (3) tested samples specified by standards and conducted standardised testing, the paper describes the procedures for fire protection of steel structures by fire-protection plaster or fibre-reinforced concrete. This paper analyses the results of testing obtained in an authorized laboratory in compliance with the most demanding RWS curve which relate to tunnel fire protection by fibre-reinforced concrete.

Key words: *fire, protection, fire protection of steel structure, fire protection of reinforced concrete tunnels*